

T S5/5/1

5/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05062221 **Image available**
PROJECTION ALIGNER

PUB. NO.: 08-017721 [JP 8017721 A]
PUBLISHED: January 19, 1996 (19960119)
INVENTOR(s): TAKAHASHI TOMOTOU
APPLICANT(s): NIKON CORP [000411] (A Japanese Company or Corporation), JP
 (Japan)
APPL. NO.: 06-170379 [JP 94170379]
FILED: June 30, 1994 (19940630)
INTL CLASS: [6] H01L-021/027; G03F-007/20
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.1 (PRECISION
 INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography)
JAPIO KEYWORD: R011 (LIQUID CRYSTALS); R129 (ELECTRONIC MATERIALS -- Super
 High Density Integrated Circuits, LSI & GS

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain a projection aligner which corrects the defect of optical performance by a method wherein a diffraction optical element is installed in a predetermined position in an optical path so as to be capable of being inserted and removed and the diffraction optical element is inserted and removed or replaced when the defect of the optical performance is generated by freely replaing the diffraction optical element after the diffraction optical element has been assembled.

CONSTITUTION: When a spherical aberration is generated and it is to be corrected, it is most effective to correct the spherical aberration near a pupil for a projection optical system. Then, a criterion member 4 which is close to the position of the pupil is selected, a diffraction pattern which is required for the correction is formed on the criterion member, and a BOE(binary optical element) 3 is formed so as to be inserted into, and passed through, the same position again. Even when a parallel plane plate is not used, a lens near the position of the pupil is constituted so as to be capable of being attached and removed, a diffraction pattern is formed on the face of the lens, and the lens may be inserted and mounted again.
?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-17721

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 1 月 19 日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1		H 0 1 L 21/ 30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-170379

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 6 月 30 日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 高橋 友刀

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株
式会社ニコン内

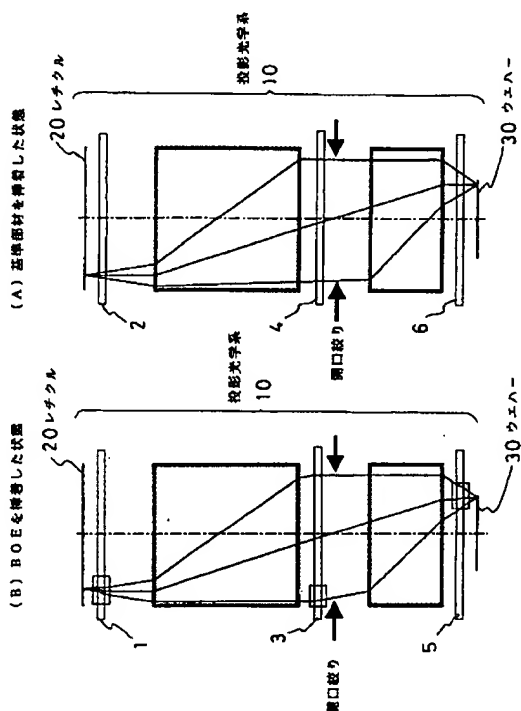
(74) 代理人 弁理士 佐藤 正年 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 投影露光装置

(57) 【要約】

【目的】 投影光学系の製造誤差に基づく結像特性の誤差等を補正し、投影光学系の本来の解像力を有効に活用できる投影露光装置を提供すること。

【構成】 光源手段からの光束をマスクに照射することにより投影光学系を介してマスクパターンを感光基板上へ露光する投影露光装置の投影光学系が、光路中に挿脱可能に設けられた回折光学素子を備えているもの。回折光学素子は、光軸に対して非対称な回折パターンを有し、回折光学素子の基板と光学的に等しい形状を持つ光学部材が装着された状態で生ずる当該投影光学系の結像特性不良を補正するように構成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源手段からの光束をマスクに照射することにより、投影光学系を介して前記マスクのパターンを感光基板上へ露光する投影露光装置において、前記投影光学系は、光路中の予め定めた位置に挿脱可能に設けられた回折光学素子を備えていることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記回折光学素子は、前記投影光学系の光軸に対して非対称な回折パターンを有していることを特徴とする請求項 1 に記載した投影露光装置。

【請求項 3】 前記回折光学素子は、基板と、該基板上に形成された前記回折パターンとを有し、該回折パターンは、前記基板と光学的に等しい形状を持つ光学部材が装着された状態で生ずる当該投影光学系の光学性能不良を補正するように構成されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載した投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えばフォトリソグラフィに形成されたパターンを投影光学系を介して感光基板上に投影露光する装置に関し、特に投影光学系の光学特性を補正可能とした投影露光装置系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来から IC や LSI 等の半導体素子やこれに類する液晶素子、薄膜磁気ヘッド等の微細パターンを有する部材の製造工程においては、所定のパターンの転写露光を伴ういわゆるリソグラフィ工程が応用されている。ここでは、所定の回路パターン等を有するマスクから、投影光学系を介してシリコンウエハ等の感光基板上にこのパターンを露光投影して転写する工程が行なわれる。

【0003】 パターンの転写露光に用いられる投影露光装置の投影光学系には高度な解像力が要求されるが、光学系の分解能は使用する光束の波長に関連することから、この種の光学系に使用する光束の短波長化が進んでいる。このため、いわゆるエキシマレーザー等の光源を用いており、Kr-F レーザ (248nm) や Ar-F レーザ (193nm) 等の紫外 (又は深紫外) の波長域の光束が実際に使用されている。

【0004】 ところで、いわゆる半導体集積回路では、従来の IC や LSI から近年の VLSI、ULSI 等への移行の様に更なる高集積化が進んでおり、要求される解像力 (分解能) も更に高くなってきている。このため、例えば従来より短波長の光束を用いる等の手段により、これらの高集積化の要請に対処する必要性が生じており、F₂ レーザ (157μm) や X 線等の利用化が研究されている。

【0005】 しかしながら、従来の屈折レンズを用いた投影光学系では、屈折率や透過率等の問題から十分な結像特性が得られない問題があり、従来の光学素子や補正

2

手段のみでは、短波長化による更なる高集積化の要請には充分に応じられないのが実状であった。また、反射部材を用いた投影光学系も実用化されているが、球面鏡等の反射特性の問題から、微細パターン転写に有効な縮小型の投影光学系の構築が極めて難しく、実用的な光学系が構築できない問題があった。

【0006】 一方、従来の投影光学系においても、収差や製造誤差、熱変動等の影響から光学系の結像性能が充分に利用されておらず、実際の解像度よりも低い範囲でしか使用されていないのが実状である。このため、投影光学系自体の解像能力を向上させ、あるいは本来の解像能力を充分に発揮させることができれば、従来より高精度の転写露光が行なえることとなる。

【0007】 ここで、近年この種の投影露光装置等に用いる光学素子としていわゆる回折光学素子が注目されている。回折光学素子は、回折作用を利用して光路の偏向を行なわせる光学素子である。この回折光学素子によれば、短波長の光束の光路を任意に偏向させることも可能である。更に、いわゆる屈折レンズとは異なる波長一偏向特性を示すことから、屈折レンズとの組合せによる新たな収差補正手段等が注目されている。

【0008】 回折光学素子としては、例えばフレネルゾーンプレート等が良く知られているが、一般的なフレネルゾーンプレートは光透過性の基板上に同心円状の遮光部材を設けた構造のものであり、透過領域からの光束の回折作用を利用して所定位置に光束を集光させるものが一般的である。

【0009】 ゾーンプレートを含む回折光学素子の構造は、上記のような透過部と遮光部によるもののみではなく、透過特性 (屈折率、透過距離等) が異なる領域を段階的に設けたものや、基板内部に屈折率分布による透過特性の異なる部分を設けたもの等が知られている。前者の代表的なものは、いわゆるバイナリーオプティクス (BOE) であり後者の代表的なものは、いわゆるホログラムオプティクス (HOE) である。

【0010】 BOE は、リソグラフィの工程を利用して光透過性部材に階段状の表面形状を形成し (反射部材の表面に形成しても良い)、透過距離を部分的に異ならしめることにより回折作用を生じさせるものである。BOE は、その製造方法から微細な任意のパターンを高精度でかつ自由に構築できる利点があり、その応用分野が特に注目されている。(写真工業、1994 年、3 月号 94 頁)

【0011】 これらの BOE 等の高度な回折光学素子によれば、生じさせる回折光も従来良く知られた一点への集束作用を有するもののみならず、任意の光波面を所望の光波面に変換すること、光発散機能を有すること、光集束機能と光束分離機能等を複合させること等の自由な回折作用を生じさせることが可能である。

【0012】 さらに、BOE は薄くて軽量であり、量産

が容易であること、製造が容易で高い回折作用が得られること、光利用率が高いこと、深紫外領域の光束でも光路の偏向が可能であること等から、投影光学系の光学部材としての応用が研究されている。

【0013】ここで、特開平4-214516号には、投影光学系（投影レンズ系）の収差補正用部材としてフレネルレンズを応用したものが開示されている。この従来例では、従来から良く知られた構造のフレネルレンズ（同心円状の溝により構成された球面又は非球面のレンズ面を持つもの）を使用しており、投影光学系を構成するレンズの硝材としては石英のみが選択されている。また、使用する光束は、現在一般的に使用されているKr-Fレーザ（248nm）やAr-Fレーザ（193nm）を対象としている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このように高精度の転写露光を行うために、投影光学系の構成はますます複雑高度化しており、ここの光学素子の設計条件や製造精度、更にはこれらの組み立て精度にも高度な精度が要求されている。例えば、投影光学系の倍率や焦点距離については、もし正確な倍率が保持されなければ、ウエハー上に形成されたチップとの重ね合わせ精度が著しく悪化し、製品の歩留を低下させる原因となる。

【0015】また、投影光学系の結像性能に影響する諸収差、例えば球面収差やコマ収差、像面湾曲や歪曲収差等が製造誤差により設計条件より僅かでも変動すれば、得られる像の結像特性は著しく悪化し、これも転写露光により製造される製品の歩留を悪化させる原因となる。

【0016】特に、光学系の製造誤差に起因するレンズの偏心等による像性能の非対称なアンバランス等は、投影パターンの左右で像性能が異なることになるため、これも製品の歩留を低下させる原因となるものである。

【0017】更に、このような光学素子の製造誤差や光学系の組み立て誤差による光学性能（諸収差、焦点距離、倍率等）への悪影響は、投影光学系を組み立てた後でなければ判明しない場合がほとんどである。しかも、その原因を追求するためには、再度分解して個別の素子の検査を行ったり、組み立て直して再度結像特性の検査を行う必要があるため、検査に非常に手間がかかる問題がある。加えて、複数の要因が重なり合っている場合には、明確な原因が追求できず、結果として再度光学系自体を作り直さなくてはならない事態も生ずる。

【0018】また、投影光学系としての検査時には、光学性能が一時的に安定したものが得られた場合においても、使用中の時間経過による熱等の影響や、長期に使用した場合の後においても安定した投影光学系を得ることは更に非常に難しく、例えば露光装置の設置環境における大気圧変化や、露光時の時間経過による温度上昇による熱変動、装置及び周辺機器の振動等が複雑に絡み合っ

性能が得られ難いことが多い。

【0019】このため、従来の投影露光装置では、当初からの製造誤差に伴う結像特性の誤差や、使用中の結像特性の変化等を見越して、限界的な結像特性が定められているのが実状である。言い換えると、本来の設計条件に基づく解像力（結像特性）より低いレベルで、予めこれらの誤差を許容して使用時における限界解像力が定められている。

【0020】従って、従来の投影露光装置であっても、その設計条件に基づく解像力が充分に発揮されれば、現在より微細なパターンの転写露光が可能であり、ますます微細化するICやLSIの製造現場での高精度化の要求に応じることができるものとなる。そこで、本発明は、投影光学系の本来の解像力を有効に活用できる投影露光装置を提供することを目的とするものである。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的達成のために本願請求項1に記載した発明では、光源手段からの光束をマスクに照射することにより投影光学系を介して前記マスクのパターンを感光基板上へ露光する投影露光装置において、前記投影光学系は、光路中の予め定めた位置に挿脱可能に設けられた回折光学素子を備えていることを特徴とする投影露光装置を提供する。

【0022】請求項2に記載した発明は、請求項1に記載した投影露光装置であって、前記回折光学素子が、前記投影光学系の光軸に対して非対称な回折パターンを有していることを特徴とするものである。

【0023】請求項3に記載した発明は、請求項1又は2に記載した投影露光装置であって、前記回折光学素子が、基板と該基板上に形成された前記回折パターンとを有しており、該回折パターンが、前記基板と光学的に等しい形状を持つ光学部材が装着された状態で生ずる当該結像光学系の光学性能不良を補正するように構成されることを特徴とするものである。

【0024】

【作用】本発明は上記のように構成されているため以下の作用を奏するものである。本願請求項1に記載した発明では、いわゆる投影露光装置の投影光学系に、光路中の予め定めた位置に挿脱可能に設けられた回折光学素子を備えているので、この回折光学素子を装置の組立後に自在に交換できるものとなっている。

【0025】即ち、本発明の投影露光装置では、装置を組立後に光学性能の検査を行って、例えば部分的な収差等の光学性能に不良が生じた場合に、この回折光学素子を挿脱し、あるいは交換することにより、これらの光学性能不良を補正するものである。

【0026】請求項2に記載した発明は、前記回折光学素子が、前記投影光学系の光軸に対して非対称な回折パターンを有しているものであるため、特にいわゆる光軸に関して非対称な収差等の結像誤差を補正するものであ

5

る。もちろん、本発明に限らず、光軸に対して対称な回折パターンを持つ回折光学素子により、光軸対称な収差等の補正も可能である。

【0027】ここで、従来の投影光学系には、このような結像特性を補正したり修正するための手段として、投影光学系を構成するレンズの傾きを調整したり、光学系内の気密室における圧力を調整して結像特性を変化させる手段（特開昭60-2816号）等が設けられていることがある。

【0028】特に、組立誤差等により生ずるレンズの傾きにより発生した非対称な収差は、一部のレンズを回転させる等の方法で修正できることもあるが、どのレンズが原因でこの収差が生じているかの特定が極めて難しく、このような非対称な収差を修正できないことも多い。また、光学系内の圧力調整による補正手段は、大がかりな調整手段が必要であり、装置の製造コストアップの要因ともなっている。このような場合にも、本発明を応用することで簡便且つ低コストで補正することができる。

【0029】更に、装置の使用環境の地域差（使用場所の気候、基準的な気圧等）は、夫々の装置毎に異なるので、製造時の検査では生じなかった光学性能の不良が、製造場所と使用場所の相違に基づいて発生する場合がある。このような場合にも、本発明の名によれば使用現地において光学不良を検出し、それを補正する回折光学素子を用いることで、的確な補正手段を構築することができる。

【0030】請求項3に記載した発明は、前記回折光学素子が、基板と該基板上に形成された前記回折パターンとを有しており、該回折パターンが、前記基板と光学的に等しい形状を有する光学部材（以下、基準部材という）が装着された状態で生ずる当該光学系の光学性能（収差、焦点距離、倍率等）の不良を補正するように構成されていることを特徴とするものである。

【0031】即ち、本発明では、投影光学系の基本設計においては、投影光学系を構成する光学素子の一つに基準部材を予め設けておき、これを挿脱可能に構成しておいて各々の素子を製造し、投影光学系を組み立てる。そして、この基準部材が挿入された状態で、結像特性の検査を行う。

【0032】ここで、製造上の問題がなければ、設計通りの結像特性を示すものとなるが、製造誤差や組立誤差等が生じていた場合には、投影像に収差等が生じて結像特性が設計通りにならない場合がある。特に、光軸に対して非対称な結像誤差等が生じている場合には、周知の補正手段では修正できない場合が多い。

【0033】本発明によれば、基準部材が予め挿脱可能に構成されていることから、この基準部材と同一形状の基板に回折パターンを設けた回折光学素子に交換が可能である。このため、結像特性の誤差から必要な補正手段

6

として、この誤差を補正するような特性を持つ回折パターンを算出できるので、これに基づいて特に部分的な光路の偏向を行わせるような回折パターンを、前記基準部材に設けた回折光学素子を挿着すれば、投影像に対する結像特性の誤差が修正される。

【0034】結像特性の部分的な誤差等は、投影像に対する結像光線の光線追跡等から、好ましくない光線等が検知できるので、このような光線に対して、本来の結像光線と同様な位置に進行するように、回折作用を利用して部分的な光線の光路を偏向させれば良い。言い換えれば、このような誤差補正のための回折作用を生じさせる回折パターンを検出した光学性能誤差から算出する。

【0035】このような、基準部材（又は製造誤差補正用の回折光学素子）は、投影光学系を構成する光学素子であればいずれを用いても良いし、個別の補正用基準部材を新たに設けても良い。即ち、例えば投影光学系を構成するいずれかのレンズエレメントを挿脱可能に構成し、このレンズエレメント自体、又はこのレンズエレメントと同じ形状のレンズ基板に、上記で求めた補正回折パターンを形成し、これを補正用の回折光学素子として、基準部材に変えて新たに挿着すれば良い。

【0036】また、このような投影光学系は透過型のものに限らず、反射型のもの、あるいは透過部材と反射部材とからなるもの等のいずれの方式の投影光学系やそれを利用する投影露光装置に応用できるものである。即ち、基準部材となり得るのは少なくとも光路上に挿脱可能に構成された光学部材であれば、その配設位置や部材の種類に特に制限されるものではない。

【0037】従って、上記のようなレンズに限らず、反射鏡や平行平板ガラス部材等の光学素子を基準部材とすることも可能である。更に、本来の光学特性上に必要のない保護ガラスや、この補正用に特別に設けた平行ガラス板等を基準部材としても良い。

【0038】いずれの場合であっても、基準部材が予め光路上に配置されるものであれば、この基準部材を含めて投影光学系の設計がなされているので、この基準部材の有無は結像特性に影響を与えるものの、これと同じ形状の光学部材に交換することは基本的に結像特性には変化を与えない。

【0039】また、本来的な投影光学系の補正用に設けられた回折光学素子自体を挿脱可能に構成して、これらの製造誤差等に基づく収差等の補正をも同時に行う回折光学素子に交換しても良い。

【0040】本発明では、この交換する基準部材に補正用の回折パターンを設けて回折光学素子として利用しているので、基準部材の光学的影響に加え、補正用回折パターンによる部分的な光路の偏向作用のみが付加されることとなる。

【0041】そして、この部分的な回折パターンが設けられた回折光学素子により、製造誤差等に基づいて、主

に設計条件以外に生じた収差等の結像特性の誤差を修正することができるものとなる。

【0042】また、本発明は使用中に生じた結像特性の変動にも対応できるものである。即ち、一般の投影露光装置はレーザ光等の高エネルギー光を利用しているため、使用中に光エネルギーによる熱の影響が結像特性に変化を及ぼすことが知られている。例えば、熱膨張によるレンズ等の焦点位置変化や、光学素子や雰囲気熱変化による屈折率変化等に起因するものである。

【0043】これらの影響が定性的に光軸対称に生じたり軸方向のみの結像位置変化等に現れる場合には、従来の周知の補正手段によっても対応できる場合が多いが、製造誤差等が存在する場合には、これらの影響も部分的に生じる場合があり従来の補正手段では対応が難しい場合がある。

【0044】このような場合には、従来は装置の使用を中止して自然冷却等で熱の影響を排除する必要がある、その間装置が使用できないので、投影露光装置を使用する半導体製造工程等でのスループットの低下に直結する問題となっていた。

【0045】本発明によれば、予め連続使用後の熱変動等の影響による結像特性の変化を検出しておくことで、その変化後の状態の補正に適した回折光学素子を構築することができる。このため、連続使用中に結像特性に変化が現れるか、あるいはそのような変化が生ずる温度変化状態に達した場合には、それを補正する回折光学素子に変更することで、適正な結像特性状態を維持したまま、投影露光装置の連続使用が可能となる。

【0046】なお、以上のような製造誤差に基づく結像特性の誤差や、使用中の熱変動等による結像特性の変化は、個別の装置ごとに異なるものであるから、個々の装置毎に製造誤差に基づく収差等や温度変化に基づく誤差等を計測しておき、ここの投影露光装置ごとの回折光学素子を作成する必要がある。

【0047】ところで、このように個別に補正条件の異なる回折光学素子は、必要な回折パターンを任意に形成する必要がある。このような回折光学素子は、前述したようなBOEを応用することで、任意の屈折作用を生じさせる回折光学素子が構築できる。

【0048】BOEは、基板上に階段状のパターンを形成することにより構築されるが、このような階段状のパターンは、いわゆるフォトリソグラフィの手法を応用することで、基板上の任意の部分に任意な大きさで任意の方向に光路を偏向する回折パターンが構築できるものである。

【0049】従って、このような部分的な回折作用を奏する回折光学素子を用いることで、投影光学系全体に生ずる部分的な任意の収差を微小変化させ、感光基板となるウエハ上での任意の場所の結像性能をコントロールすることができるものとなっている。

【0050】

【実施例】以下、実施例を通じ本発明を更に詳しく説明する。まず、本発明に使用するBOE (Binary Optical Element) について、図3を用いて簡単に説明する。図3は、BOEと一般的な屈折レンズとの概略構成を対比して説明するものである。

【0051】BOEは、光学素子の光学面(屈折面又は反射面等)上に光の波長以下の2値の厚さを持つ微小な光学エレメントを、多段に重ね合わせたりあるいは階段形状に素子の表面を削ったりすることによって、その微小な光学エレメントの集合体を作り、その結果、光学面を変形させることで透過あるいは反射光に対して回折作用を生じさせる光学部材である。

【0052】例えば、図3は、このような階段状のパターンにより任意の疑似曲面を創成した回折光学素子301であり、下方に示した凸レンズ350と同様な集光効果を持たせた場合の概略構成を示す模式図である。

【0053】BOEでは、屈折ではなく回折作用を利用しているため、この図に示すように単純な集光作用を生じさせる場合には、光軸中心から離れるに従って、階段状パターンの高さが高くなり幅が狭くなる。この、階段状パターンの幅や高さ、あるいは配設位置や方向等を自由に定めることができるのは前述したとおりであるが、そのパターンにより、発散作用を持つもの、任似的方向に光路を偏向させるもの等が自由に構築できる利点がある。

【0054】次に、このような回折光学素子を応用した投影露光装置の一実施例を図1を用いて説明する。ここでは、説明を簡素化するために、概略構成を示した模式図を用いて説明する。図1は、本発明の投影露光装置の投影光学系10の周辺部分を示しており、投影光学系10の上方の所定位置に配置されたマスクを構成するレチクル20の上方から、光源手段(図示せず)からの光束が照射されると、レチクル20に形成された所定のパターンの像が投影光学系10を介して、感光基板を構成するウエハ30上に投影される。

【0055】この投影光学系10には、三個の基準部材が投影光学系10から挿脱可能に設けられているが、その個数や配設位置、並びにそれらの構成は、これに限定されるものではない。

【0056】まず、第一の基準部材2は、投影光学系10の最上部でレチクル20の下方近傍に設けられており、2枚の平行平板からなるものである。次に、第二の基準部材4は投影光学系10の本体の内部に設けられた開口絞り12の付近に設けられており、一枚の平行平板からなるものである。更に第三の基準部材6は投影光学系10の最下部でウエハ30の上方付近に設けられており、やはり2枚の平行平板からなるものである。

【0057】この実施例に係る投影光学系は、これらの基準部材2、4、6が存在することを前提として光学設

9

計がなされたものであり、設計条件通りにこの光学部材が制作され、正確に位置合わせされて組み立てられていれば、レチクル20のパターンはウエハ30上に正確に歪みなく投影される。

【0058】ここで、これらの基準部材2, 4, 6が挿着された状態で、基本的なパターン（例えば格子状パターン）を持つレチクル20を用いて実際に投影を行い、投影像を直接検出するか、あるいはウエハ30に転写した後の転写パターンから、投影光学系10の光学性能、即ち、焦点距離や倍率、諸収差、像性能等の状態とそれらの非対称成分を測定する。

【0059】次に、それらの測定値で、投影性能への影響が大きく手直しが必要とされるものを選択し、それらの選択されたものに依りて、適切な場所の光学部材に対してBOEの効果を実施する。

【0060】例えば、球面収差の発生があり、それを修正したい場合には、投影光学系の瞳の近傍において修正を行うことが最も効果的であることから、本実施例では瞳位置に近い基準部材4を選択し、この基準部材に補正に必要な回折パターンを形成してBOE3を制作し、同じ位置に再度挿着する。なお、このような平行平板を用いない場合であっても、瞳位置近傍のレンズを着脱可能に構成しておき、そのレンズ面に回折パターンを形成して再度挿着しても良い。このような回折光学素子の作用により、製造誤差等に基づいて発生した球面収差が補正される。

【0061】また、歪曲収差が発生している場合には、レチクル20がウエハ30に近い位置において補正を行うことが効果的である。この場合には、基準部材2又は6を選択し、この選択した基準部材に補正に必要な回折パターンを形成してBOE1又は5を制作して再び挿着すれば良い。

【0062】一方、像面上で非対称な像面の変動が出た場合には、これらの場所での回折作用を組み合わせ、あるいは各々の場所で単独で非対称な歪みを補正するような作用を奏する回折パターンを形成したBOEを制作すれば良い。

【0063】これらの補正手段は、あくまでも投影光学系の製造組み立て後、その光学系の倍率の変化や発生している収差等を実際に測定することにより、それらの測定した倍率の変化や収差の値に基づいて、それらを修正するようにBOEを作用させるものである。

【0064】そして、実際には複雑な歪みが混在していることから、上記のように単独で補正ができることもあれば、各々の補正回折作用を組み合わせる必要がある場合もある。従って、個別に制作された投影露光装置の各々に対して、各々の投影光学系に合わせた個別の対処策となるBOEを構築する必要があることは言うまでもない。

【0065】以上では、投影光学系の製造時の誤差によ

10

る結像性能の劣化を補償するものについて説明したが、装置作動時の光線熱等による倍率や焦点距離、諸収差等の変化に対しても補正することができる。つまり、装置の使用環境における大気圧等の条件から、所定時間連続使用した状態での、その時点での平衡状態における結像特性の値を予め測定しておくことにより、その測定値から適切なBOEの形状を求め、予め交換用のBOEを準備しておくことで、装置作動時（連続使用中）での継続的に良好な像性能を得ることができるのである。

【0066】次に、図2を用い、個々のBOEによる光路偏向修正の動作を説明する。ここでは、製造誤差等により発生した収差か、熱変動により発生した倍率変動または収差を補正するため、適切なBOEを挿着して補正回折効果を働かせた場合の例であり、主にBOE1とBOE5では、結像倍率の修正や歪曲収差と像面湾曲等の収差を補正する。

【0067】図2に示したBOE1又はBOE5の例では、BOE自身のパワー（回折による偏向作用）は0であり、光路をシフトさせて修正している。これは、回折作用による諸収差の変化を生じさせないまま、倍率だけを効果的に補正する場合に有効である。

【0068】また、これらの2枚の平行平板（基板）からなるBOE1のうち、正のパワー（集束方向へ偏向する）を持っている下半分の1枚のBOE1bだけを元の基準部材と同様な平行平板とすれば、残りの上半分のBOE1aだけでは負のパワー（発散方向へ偏向する）を持っているので、屈折光学素子に置き換えて考えるとベッツパールの和が負となり、像面を正に湾曲させる効果を生じる。

【0069】逆に、負のパワーを持つ上半分のBOE1aを元の基準部材と同様な平行平板とすれば、残りの下半分のBOE1bは正のパワーを持つので、同様にベッツパールの和が正となり、像面を負の方向に湾曲させる効果を持つものとなる。この様な効果は、BOE5においても同様であり、各々像面に近いウエハ付近かまたは物体に近いレチクル付近に置かれるので、他の収差、例えば球面収差やコマ収差または非点差等にはほとんど影響なく、目当ての収差の像面湾曲のみ補正することができる。

【0070】また、BOE3では球面収差の補正や軸外の球面収差に起因する横収差やコマ収差を補正するのに有効である。BOE3は投影光学系の瞳位置あるいはその近傍位置に設けられていることから、ここを通る光束はほぼ平行に走っており、図2の例の様に、正のパワーを持つ様なBOE3を設ければ、球面収差は負の方向に変化し、逆に負のパワーを持つ様に設置すれば、球面収差は正に変化する。

【0071】以上の例は、予め光学系設計時に設けられた平行平板を基準部材として使用した例であるが、このような平行平板をわざわざ設けなくても、その近傍

のレンズ面を基準部材として着脱可能に構成することで、レンズ部材自体をBOE素子に應用して回折補正作用を働かせることも、もちろん可能である。

【0072】更に、像面上の任意の場所の部分的な像面修正には、BOE 1かまたはBOE 5の対応する部分に修正を施すことにより可能となる。例えば、レンズの偏心等により、像面上で非対称な収差が発生したとき、たいていの場合は原因となるレンズの偏心を修正することで改善することができるが、中には原因となるレンズを

【0073】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、投影光学系の製造誤差等による種々の収差変動を回折光学素子を利用して、確實かつ容易に補正することができる。本来の良好な結像性能を十分に発揮することができる投影露光装置が構築できる。このため、回折光学素子を除いて従来とほぼ同じ構成の光学系であっても、潜在的な性能が十分に発揮されることから、より微細なパターンの

【0074】また、装置作動時の熱変化等による倍率や焦点距離、諸収差等の変化に対しても、その時点での十分長い時間作動させた後の平衡状態における変動値を予め測定しておくことにより、その測定値から適切なBOEの形状を求め、予め準備しておくことで、装置作動時

での良好な像性能を長時間連続して得ることができるものとなっている。

【0075】このように本発明に係る投影露光装置の投影光学系は、回折光学素子の基板と同様な基準部材を装着した状態で光学設計がなされたものであり、装置の組立後に製造誤差や組立誤差により生じた光学性能（収差、焦点距離、倍率その他）の不良を検出し、これを補正する特性を持つ回折光学素子を基準部材に変えて装着することで、これらの結像特性がほぼ設計通りに修正されて再現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る投影露光装置の投影光学系を示す模式図である。

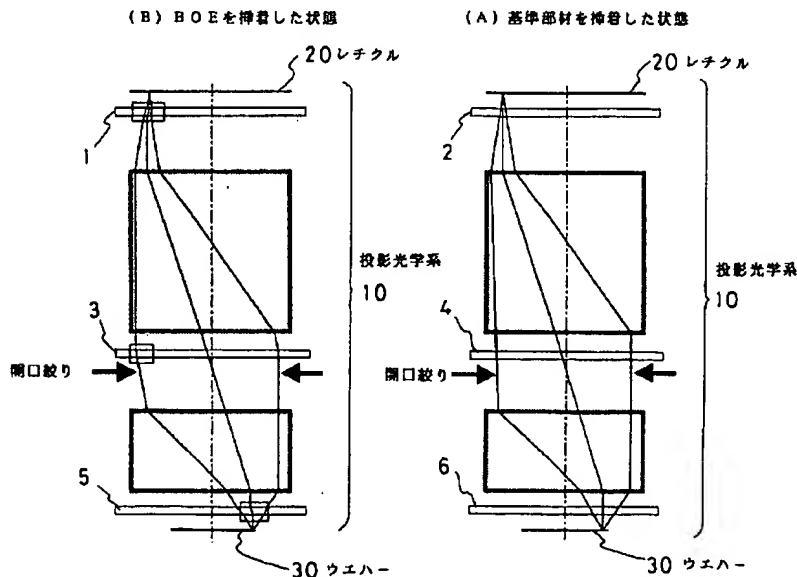
【図2】上記実施例におけるBOEの効果を働かせた場合の模式図である。

【図3】一般的なBOEの構成を示す説明図であり、凸レンズの効果を持つBOEと、対応する凸レンズを模式的に示した図である。

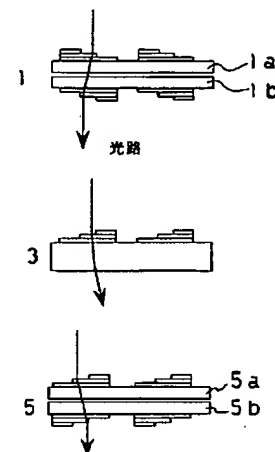
【符号の説明】

- 1, 1 a, 1 b, 5, 5 a, 5 b…BOE (二枚構成のもの)
- 3, 3 a, 3 b…BOE (一枚構成のもの)
- 2, 4, 6…基準部材 (平行平板)
- 10…投影光学系
- 20…レチクル
- 30…ウエハ

【図1】



【図2】



【図3】

B O E と レンズ と の 対 応

